

下水処理場における 生ゴミと下水汚泥とし尿・浄化槽汚泥の 混合メタン発酵導入効果の検討

藤山 淳史¹・古市 徹²・石井 一英³・翁 御棋⁴・土肥 賢人⁵

¹正会員 北海道大学大学院特任助教 工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: fujiyama@eng.hokudai.ac.jp

²正会員 北海道大学大学院特任教授 工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: t-furu@eng.hokudai.ac.jp

³正会員 北海道大学大学院准教授 工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: k-ishii@eng.hokudai.ac.jp

⁴正会員 北海道大学大学院助教 工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: weng@eng.hokudai.ac.jp

⁵非会員 北海道大学 工学部 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: dohi@kanri-er.eng.hokudai.ac.jp

下水処理場で下水汚泥をメタン発酵している施設は全国に280ヶ所あり、その中で生ゴミを受け入れて混合メタン発酵を行っている施設は、5ヶ所と極めて少ない現状がある。本研究では、最終処分場の延命化と環境負荷の削減を目的に、下水汚泥と生ゴミの混合メタン発酵を導入した北広島下水処理センターと恵庭下水終末処理場を対象に、混合メタン発酵を導入した際の効果について検証した。導入の効果を検証した結果、北広島下水処理センター・恵庭下水終末処理場いずれもCO₂排出量に関して、導入の効果がみられた。これは、両市とも混合メタン発酵施設を導入する前に生ゴミを直接埋立していたため、生ゴミを直接埋立しないことによるCO₂排出量の削減が大きな効果として表れた。

Key Words : co-fermentation, sewage plant, sewage sludge, kitchen waste, effect of introducing

1. はじめに

バイオマスの総合的な利活用を促進することを目的として、「バイオマス・ニッポン総合戦略」¹⁾が2002年12月、閣議決定された。先進国全体で温室効果ガス総排出量を少なくとも5%削減することを国際的に約束した京都議定書²⁾の発効(2006年3月)を受けて、「バイオマス・ニッポン総合戦略」は、2006年8月に見直しが行われている。この中で、下水汚泥については、「これまでの利活用の中心だった製品としてのマテリアル利用だけでなく、他のバイオマスとの混合処理やエネルギー利用の進展により、一層の効率的な利活用が期待される」と、今後の利活用の展開が位置付けられている。さらに、2009年6月に制定されたバイオマス活用推進基本法では、都道府県及び市町村はバイオマス活用推進計画を策定するよう努めることが明記され、バイオマスの活用の推進

に関する施策を総合的かつ計画的に推進するとされている。下水道は全国で整備が行われ、日々大量の下水が下水処理場で処理されている。下水処理場では、処理により大量の有機性汚泥が回収され、昨今では有機性汚泥が持つエネルギー的価値が改めて見直されている。バイオマス活用推進基本法に基づき、2010年12月に閣議決定された「バイオマス活用推進基本計画」³⁾では、下水汚泥をバイオマス化や固形燃料化等を行うことによるエネルギー利用の高度化を進め、2020年に約85%の利用を行うことが目標として掲げられている。

また、下水処理を管轄する国土交通省においても2005年9月に「下水道ビジョン2100」⁴⁾がまとめられ、その中で「水のみち」「資源のみち」「施設再生」の3つを基本方針として、「健全な水循環と資源循環」を創出することが目指されている。なお、基本方針の一つである「資源のみち」においては、下水道施設において、省エ

エネルギー対策と併せ、下水道の有するエネルギーの再利用により、従来の化石燃料に頼らないエネルギー100%自立の処理場の構築により、資源回収・供給ネットワークを創出するべきとされている。

このような目標を達成するために、国土交通省が実施したLOTUS Project⁵⁾では、汚泥資源化の先端的な技術開発などが行われ、その後、全国各地で様々なバイオマスを対象とした混合メタン発酵の導入が始まった。その一つとして、下水処理場の消化タンクを活用し、前処理工程を建設して生ごみ等を受け入れることにより、下水汚泥と混合でメタン発酵を行っている事例がある。下水処理場で下水汚泥をメタン発酵している施設は全国に約280ヶ所（下水処理場は全国に2,194ヶ所⁶⁾）あり、その中で生ごみを入れて混合メタン発酵を行っている施設は5ヶ所と極めて少ないのが現状である。導入に際しては、生ごみを分別収集する仕組みを作ることの難しさや、下水処理施設へ汚泥以外の物を入れることによる施設への負荷増大、所管部局の違いによる手続きの煩雑さなど、様々な要因により進んでいないのが現状である。この事業を今後普及させていくためには、導入に対しての課題を解決することに加え、実際に導入された施設に対して、導入効果の検証を行うことも必要である。

本研究では、下水処理場で生ごみと混合メタン発酵を行う日本国内5つの下水処理場のうち、道内で行われている2施設（北広島下水処理センターと恵庭下水終末処理場）を対象に、混合メタン発酵施設導入による効果（コスト、CO₂排出量）を明らかにすることを目的に実施した。

2. 対象施設の概要

本研究で対象とする施設の概要を表-1に示す。

北広島市の一般廃棄物は直接埋立による処分が行われている。平成23年度からは2市3町（北広島市、恵庭市、

長沼町、南幌町、由仁町）での一般廃棄物の広域処理（焼却）が予定されていたため、現在使用されている第5期最終処分場は平成19年度から平成33年度までの15年間を使用期間として計画・建設された。しかし、焼却施設建設予定地と千歳川遊水計画地が重複してしまい焼却施設建設予定地が一旦白紙となったため、焼却施設供用開始が平成27年度に延期された。このままの状態では埋立処分が行われ続けると、平成25年度中には埋立容量を越える可能性が出てきたため、平成20年10月からごみの有料化を実施し、ごみ排出量の抑制を図られた。更なる埋め立て量の削減を目的として、家庭系普通ごみの中で重量比で約4割を占める生ごみの分別処理が求められ、下水汚泥との混合メタン発酵が検討された。し尿・浄化槽汚泥については、近隣の1市3町（北広島市、長沼町、南幌町、由仁町）で道央地区環境衛生組合を組織して広域処理が実施されていたが、昭和52年の供用開始以来35年以上が経過し、し尿処理施設の老朽化が進んでおり、施設の更新が課題となっていた。しかし、施設更新を行う際に、し尿処理施設単体での補助制度が無く、また、構成市町の財政も厳しく、処理経費の削減（効率的な処理方法）が求められていたため、下水汚泥との混合処理が検討された。

恵庭市についても、生ごみを含む可燃ごみは全量埋立処分を行っていたが、平成23年から予定されていた広域処理が延期されたことを受け、最終処分場の延命化と温室効果ガスの排出抑制を目的に、平成24年度から収集ごみの約30%を占める生ごみの分別収集とバイオガス化処理が行われるようになった。当時、既存の下水処理場を活用し、生ごみを用いたバイオマス発電を行う事業は全国で初の取り組みであった。し尿処理に関しては、下水道および個別排水処理施設の普及により、し尿の処理量が減少傾向にあったこと、さらにし尿処理にかかる費用が下水処理にかかる費用よりも高額であったことから、平成16年度より、し尿処理施設での2次処理を休止した。休止後、し尿処理施設では前処理のみ実施し、下水終末

表-1 対象施設概要

	北広島下水処理センター	恵庭終末処理場
事業名称	北広島市バイオマス利活用施設整備事業	恵庭市バイオマスエネルギー推進事業
事業開始	バイオマス混合処理運転開始：平成23年4月	恵庭市生ごみ・し尿処理場運転開始：平成24年9月
バイオマス受入量	下水汚泥（濃縮汚泥） 97m ³ /日 生ごみ 17t/日 (家庭系 11.8t/日、事業系 5.5t/日) し尿・浄化槽汚泥 40t/日	下水 47,500m ³ /日 生ごみ 18t/日 し尿・浄化槽汚泥 15t/日
バイオマス有効利用方法	バイオガス：浄化槽加温熱源、汚泥乾燥熱源 乾燥汚泥：農地利用、市民緑化	バイオガス：電気 汚泥：肥料、セメント材料
補助金	国土交通省 新世代下水道支援事業（未利用エネルギー活用型） 環境省 循環型社会形成推進交付金事業 ※ 先進的な施設であったため、それぞれの補助金適用範囲については、平成20年度に1年をかけて国土交通省と環境省で協議が行われ、調整された。	防衛省補助 国土交通省 新世代下水道支援事業（未利用エネルギー活用型） MICS事業

処理場へ移送して処理が行われるようになった⁷⁾。

3. 導入効果の算定

(1) 北広島下水処理センター

a) 評価範囲と評価期間

本研究では、コストとCO₂を評価指標とし、基準年度と評価対象年度の比較を行った。

前述の通り、北広島市では平成23年度より生ごみの受け入れを開始し、平成25年度よりし尿・浄化槽汚泥の受け入れを開始している。そのため、混合メタン発酵導入が実施される前年の平成22年度を基準年度とし、基準年度と平成24年度（評価対象年度）と比較をすることにより、生ごみを受け入れたことによる導入効果を、基準年度と平成25年4月～12月（評価対象年度）を比較することにより、更にし尿・浄化槽汚泥を受け入れたことによる導入効果を把握する。なお、平成25年4月～12月のデータに関しては、1年間に換算することにより、比較を行った。

北広島下水処理センターを対象とした評価範囲を図-1～図-3に示す。評価範囲は、混合メタン発酵導入後の処理対象物である事業系生ごみ、家庭系生ごみ、流入汚水、し尿が北広島下水処理センターへ搬入されてから、処理が行われ、発生したバイオガスを使用するとともに、乾燥汚泥を堆肥として利用し、残渣を処理するまでとする。比較対照としては、従来の北広島市での処理方法を想定し、生ごみは最終処分場への直接埋立、流入汚水は下水処理場での処理、し尿はし尿処理施設での処理とした。なお、事業系生ごみの収集運搬費に関しては、収集運搬を委託業者が行うまたは持ち込みで行っているため、データを把握することができなかった。そのため、基準年度・評価対象年度いずれにおいても評価の対象外とした。

機能単位は、評価対象年度に北広島下水処理センターで処理された1年間の処理量とした。基準年のコストおよびCO₂排出量については、基準年度のデータを用いて単位量あたりのコストまたはCO₂排出量を作成し、それに評価対象年度の量を乗じることにより算出した。

b) コストデータの設定

コストについては、収入としての袋収入と堆肥売却収入、費用としての施設の減価償却費と残渣の埋立費、収集運搬費、電力購入費、重油購入費、し尿処理委託費を用いて算出した。以下にその設定方法を記す。

なお、データに関しては、ヒアリング調査⁷⁾、清掃事業の概要⁸⁾、一般廃棄物処理基本計画⁹⁾により、得たデータを使用した。

袋収入

➤ 基準年度：普通ごみとして収集を行っていたため、

普通ごみのごみ袋単価を用いて、生ごみ分のごみ袋販売収入を推計した。

➤ 評価対象年度：生ごみ袋収入のデータを用いた。

堆肥売却収入

➤ 基準年度、評価対象年度いずれにおいてもヒアリング調査により得たデータを用いた。

減価償却費

➤ 評価対象年度：ヒアリング調査により、新設した設備のインシヤルコストと耐用年数を入力し、算出した。なお、対象とした施設はし尿等機械・電気設備、消化槽増設、し尿等予備貯留槽建設である。

埋立費

➤ 基準年度：一般廃棄物の埋立処理委託費のデータと埋立量を用いて、推計した。

➤ 評価対象年度：下水処理センターで処理をする際に

表-2 基準年度と評価対象年度

基準年度	評価対象年度	
平成22年度	平成24年度	平成25年4月～12月

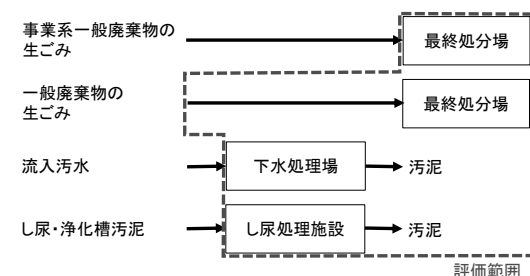


図-1 評価範囲（平成22年度）

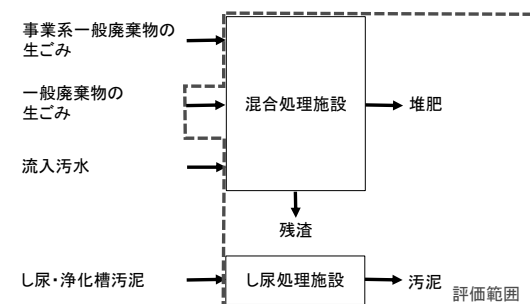


図-2 評価範囲（平成24年度）

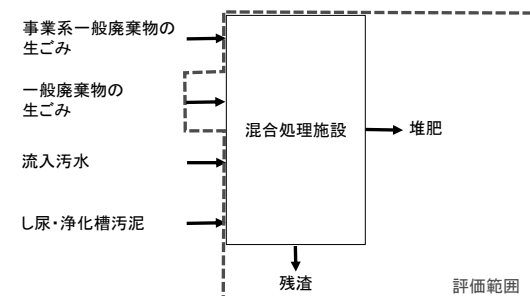


図-3 評価範囲（平成25年4月～12月）

発生した処理残渣は埋立処分を行っている。この費用を処理量と処理単価より推計した。

収集運搬費

- 基準年度：家庭系普通ごみの最終処分場までの収集運搬費から単位量あたりの収集運搬費を推計し、評価対象年度の処理量に乗じるにより、収集運搬費を推計した。
- 評価対象年度：ヒアリング調査によって得られた家庭系生ごみの収集運搬費を用いた。

電力購入費

- 基準年度：基準年度のデータをもとに、単位量当たりの電力購入単価を算出し、それに評価対象年度の処理量に乗じるにより、電力購入費を推計した。
- 評価対象年度：ヒアリング調査によって得られた電力購入費を用いた。

重油購入費

- 基準年度：基準年度のデータをもとに、単位量当たりの重油購入単価を算出し、それに評価対象年度の処理量に乗じるにより、重油購入費を推計した。
- 評価対象年度：ヒアリング調査によって得られた重油購入費を用いた。

し尿処理委託費

- 基準年度：混合メタン発酵導入以前、し尿は道央地区環境衛生組合に委託し処理が行われていたため、そのデータを用いて単位量当たりのし尿処理委託費を算出し、それに評価対象年度のし尿処理量に乗じるにより、し尿処理委託費を推計した。

c) CO₂排出原単位の設定

CO₂排出量は、収集運搬、施設での電力および重油の使用、焼却処理、埋立処分の工程を対象に算出した。

本研究では、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」¹⁹⁾、「電気事業者別のCO₂排出係数」^{11)、12)、13)}の温室効果ガス排出原単位を用い、メタン(CH₄)に関してはGWP(地球温暖化係数)を用いてCO₂に等価換算した。使用した温室効果ガス排出原単位を表-3に、等価換算に用いたGWPを表-4に示す。

また、各工程の具体的な設定方法については、以下に記す。

収集運搬に係る温室効果ガス排出量

- 基準年度、評価対象年度いずれにおいても、軽油の年間消費量のデータを用いて、それにCO₂排出原単位に乗じるにより、CO₂排出量を推計した。

電力使用に係る温室効果ガス排出量

- 基準年度、評価対象年度いずれにおいても、電力消費量のデータを用いて、それにCO₂排出原単位に乗じるにより、CO₂排出量を推計した。

重油使用に係る温室効果ガス排出量

- 基準年度、評価対象年度いずれにおいても、重油消

費量のデータを用いて、それにCO₂排出原単位を乗じるにより、CO₂排出量を推計した。

汚泥の焼却に係る温室効果ガス排出量

- 基準年度：し尿処理施設から搬出された汚泥は、焼却処理されており、その処理量にCO₂排出原単位を乗じるにより、CO₂排出量を推計した。

埋立に係る温室効果ガス排出量

- 基準年度：家庭系普通ごみおよび事業系一般廃棄物は直接埋立を行っており、その際に発生するメタンを埋立量にCH₄排出原単位を乗じるにより、メタン発生量を推計し、それにGWPを用いて、CO₂換算した。
- 評価対象年度：混合メタン発酵施設の前処理工程で発生する残渣を埋立処分しており、その際に発生するメタンを埋立量にCH₄の排出原単位を乗じるにより、メタン発生量を推計し、それにGWPを用いて、CO₂換算した。

表-3 温室効果ガスの温暖化係数

			出典
軽油	2.58	kg-CO ₂ /ℓ	①
電気(平成22年度)	0.433	kg-CO ₂ /kwh	②
電気(平成24年度)	0.485	kg-CO ₂ /kwh	③
電気(平成25年度)	0.688	kg-CO ₂ /kwh	④
重油(A重油)	2.71	kg-CO ₂ /ℓ	①
厨芥類の埋立	0.145	kg-CH ₄ /kg	①
汚泥の焼却	9.7	kg-CH ₄ /kg	①

①温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル¹⁰⁾

②電気事業者別のCO₂排出係数(平成22年度実績)¹¹⁾

③電気事業者別のCO₂排出係数(平成24年度実績)¹²⁾

④電気事業者別のCO₂排出係数(平成25年度実績)¹³⁾

表-4 温室効果ガスの温暖化係数

物質名	温暖化係数
二酸化炭素(CO ₂)	1
メタン(CH ₄)	21

d) 評価結果

算出したコストを図-4に示す。棒グラフの正の部分は基準年に比べ、増加した費用などマイナスに働いている項目の値を示しており、負の部分は基準年に比べ、増加した収入や費用負担がなくなった項目などプラスに働いている部分の値を示している。(つまり、差を取り、マイナスとなっている分だけ、導入効果があったことを示している。)

内訳として特に大きく影響を与えているものとしては、平成25年4月からし尿浄化槽汚泥を本格投入し始めたことにより、し尿処理委託費が混合メタン発酵導入によって、大幅に減少していることである。また、メタン発酵導入によって増加したコストとしては、生ごみを分別収集して回収することによる影響を受け、収集運搬費用の負担が大きくなっている。また、施設の新設または増設に

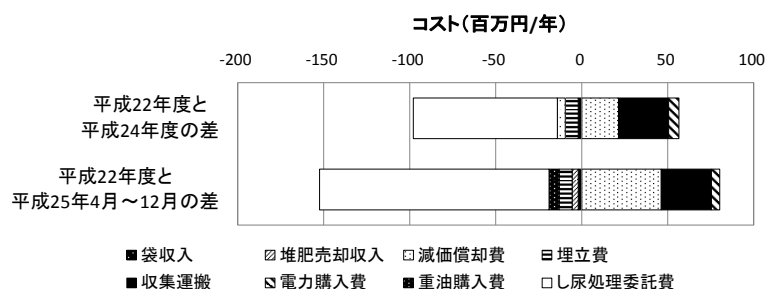


図-4 コスト（北広島下水処理センター）

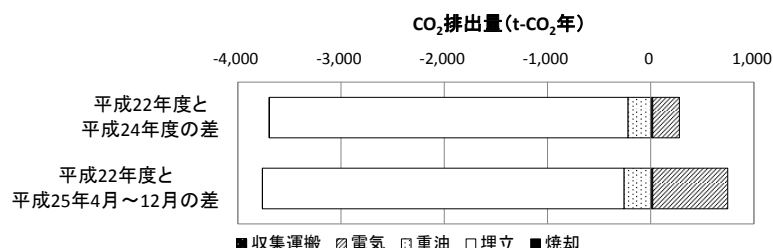


図-5 CO₂排出量（北広島下水処理センター）

より、混合メタン発酵施設整備に伴う減価償却費の負担が大きな割合を占めている。

算出したCO₂排出量を図-5に示す。棒グラフの正の部分は導入によって増加したCO₂排出量分、負の部分は導入によるCO₂排出量削減分を示す。（つまり、差を取り、マイナスとなった値がCO₂削減効果となる。）

混合メタン発酵導入により、生ごみの直接埋立が無くなった分、CO₂の排出量は少なくなっており、その分のCO₂排出量削減効果がみられる。一方、生ごみを分別収集したことによるゴミ収集車の燃料に起因するCO₂排出量は増加した。また、下水処理場内で使用されたユーティリティをみると、重油使用に係るCO₂排出量が減少した一方で、施設内での電力使用量に係るCO₂排出量は増加している。

(2) 恵庭下水終末処理場

a) 評価範囲と評価期間

北広島下水処理センターの評価と同様、恵庭下水終末処理場についても、「コスト」と「CO₂排出量」の算出を行う。

恵庭下水終末処理場では、平成24年度より生ごみの受け入れを開始している。そのため、混合メタン発酵導入が実施される前年の平成23年度を基準年度とし、導入後の平成24年9月（評価対象年度）との比較を行うことにより、混合嫌気性消化の導入効果を把握する。なお、平成24年9月のデータは、1年間に換算し、比較を行った。

恵庭下水終末処理場に対する評価範囲を図-6、図-7に示す。恵庭市に関しても混合メタン発酵導入後の処理対

象物である事業系生ごみ、家庭系生ごみ、流入汚水、し尿・浄化槽汚泥を対象に評価を行う。

機能単位についても北広島下水処理センターと同様に、評価対象年度に恵庭下水終末処理場で処理された1年間の処理量とした。算出方法等についても北広島下水処理センターと同様である。

b) コストデータの設定

コストの設定についても、北広島下水処理センターと基本的に同様であり、以下には異なる点についてのみ記載する。

減価償却費

➤ 評価対象年度：ヒアリング調査により、下水処理場のイニシャルコストと耐用年数を入手し、算出した。なお、対象とした施設は生ごみ受入施設（建築）、受入ホッパ・破碎分別機（機械・電気）、混合調整設備（機械）、付帯設備（土木）、汚泥調整設備（土木・機械・電気）、脱硫設備（機械）、ガスタンク、発電設備（機械・電気）である。

搬出汚泥費

➤ 基準年度および評価対象年度いずれも、搬出された汚泥は処理を委託し、肥料またはセメント原料として処理されている。これらに対して、搬出された量と委託単価のデータを用いて、搬出汚泥費を推計した。

し尿・浄化槽汚泥処理

➤ 基準年度および評価対象年度いずれにおいても、下水処理場で、し尿・浄化槽汚泥を処理している。

c) CO₂排出原単位の設定

CO₂削減量削減効果は、収集運搬、電力使用、重油使用、埋立処分の工程を対象に算出した。使用した温室効果ガス排出原単位を表-6に示す。各工程の具体的な設定方法についても基本的に北広島下水処理センターと同様であり、以下には異なる点についてのみ記載する。

し尿処理施設に係る温室効果ガス排出量

➤ 基準年度および評価対象年度いずれにおいても、下水処理場で、し尿・浄化槽汚泥を処理しており、その処理に伴う温室効果ガス排出量を処理量から推計した。

d) 評価結果

算出したコストを図-8に示す。北広島市の場合と同様に、棒グラフの正の部分は基準年に比べ、増加した費用などマイナスに働いている項目の値を示しており、負の部分は基準年に比べ、増加した収入や費用負担がなくなった項目などプラスに働いている部分の値を示している。混合メタン発酵導入により、生ごみの分別収集に伴い収集運搬委託費用の増加、汚泥の増加に伴い汚泥処理委託費等が増加したことがわかった。一方、生ごみをリサイクルするようになった分、埋立費は削減できていることがわかった。

算出したCO₂排出量を図-9に示す。北広島市同様、棒グラフの正の部分は導入によって増加したCO₂排出量分、負の部分は導入によるCO₂排出量削減分を示す。混合メタン発酵導入により、生ごみの直接埋立が無くなった分、CH₄の排出量は少なくなっており、その分のCO₂排出量削減効果がみられる。一方で、収集運搬の増加に伴う燃料起因のCO₂排出量、混合メタン発酵のプロセスで発生する生ごみ残渣の埋立処分に係るCH₄排出量は増大している。

表-5 基準年度と評価対象年度

基準年度	評価対象年度
平成23年度	平成24年9月

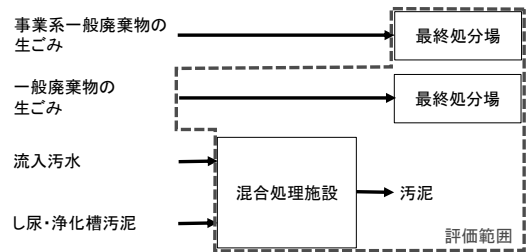


図-6 評価範囲（平成23年度）

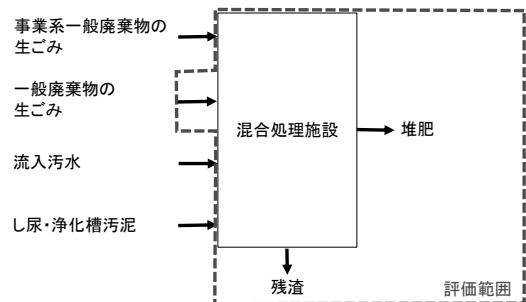


図-7 評価範囲（平成24年9月）

表-6 温室効果ガスの温暖化係数

			出典
軽油	2.58	kg-CO ₂ /ℓ	①
電気（平成23年度）	0.353	kg-CO ₂ /kwh	②
電気（平成24年度）	0.485	kg-CO ₂ /kwh	③
重油（A重油）	2.71	kg-CO ₂ /ℓ	①
廃棄物の埋立（食物くず、厨芥類）	0.145	kg-CH ₄ /kg	①
し尿処理施設に係わる汚泥	0.133	kg-CH ₄ /kg	①

①温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル¹⁰⁾

②電気事業者別のCO₂排出係数（平成23年度実績）¹⁵⁾

③電気事業者別のCO₂排出係数（平成24年度実績）¹²⁾

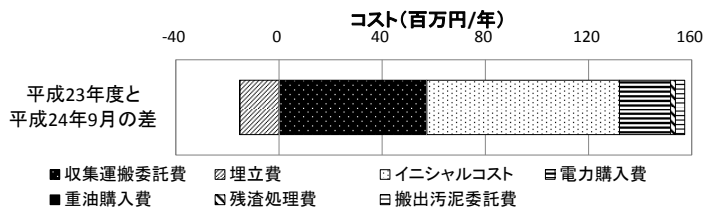


図-8 コスト（恵庭終末処理場）

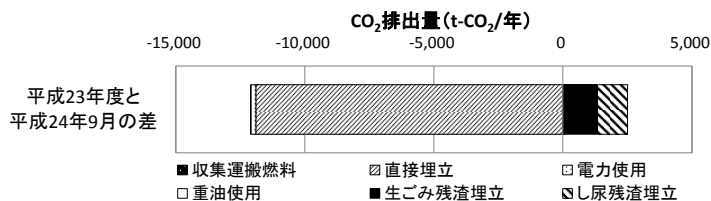


図-9 CO₂排出量（恵庭終末処理場）

4. まとめ

本研究では、北広島下水処理センターと恵庭下水終末処理場を対象に、混合メタン発酵の導入効果を把握するため、コストとCO₂排出量の算出を試みた。本研究で対象とした評価年度および評価範囲で、コストとCO₂排出量を算出した結果、以下の結論を得た。

- ① コストについては、生ごみの分別収集に伴う収集運搬費の増大が顕著にみられた。
- ② CO₂排出量については、対象とした両市とも混合メタン発酵導入前に生ごみを直接埋立していたこともあり、生ごみを埋め立てないことによるメタン排出量の削減が大きな効果として表れた。今回の算出では、施設で実際に処理された量のみを対象として計算しており、今後、更なる分別率の向上により生ごみの処理量が増えると、よりCO₂排出量の削減効果は表れるものと考えられる。

本研究では、北広島下水処理センター、恵庭下水終末処理場いずれにおいても、混合メタン発酵導入後と、導入前の直接埋立を行っていた期間の比較のみを実施した。一般的に一般廃棄物の直接埋立を行っている地域はごく限られるため、焼却処理を行っている施設を対象に、導入効果の把握を行うことで、より多くの地域で混合メタン発酵の導入を検討する際の有益な情報になるものと考えられる。また、本研究では、道内の施設のみを対象としたが、下水処理場で混合メタン発酵を導入している施設は道外にも3施設存在するため、対象施設を拡大して比較検討を行うことも必要である。

謝辞：ヒアリングおよび調査にご協力いただいた北広島市、北広島下水処理センター、恵庭市、恵庭下水終末処理場の皆様に感謝の意を表す。なお、本研究は、「公

益信託 奥村組建設環境技術助成基金「平成25年度」の助成を受けて実施した研究成果の一部である。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) バイオマスニッポン総合戦略,
http://www.maff.go.jp/j/biomass/pdf/h18_senryaku.pdf
- 2) 気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書
- 3) 農林水産省：バイオマス活用推進基本計画,
http://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_kihonho/pdf/keikaku.pdf
- 4) 国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道事業課：下水道ビジョン2100, 2005
- 5) 国土交通省都市・地域整備局下水道部：LOTUS Project, <http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/gyosei/lotuspro.html>
- 6) 公共投資ジャーナル社：下水処理場ガイド2013
- 7) 北広島市担当者または北広島下水処理センター担当者へのヒアリング
- 8) 北広島市：清掃事業の概要
- 9) 北広島市：一般廃棄物処理基本計画
- 10) 環境省・経済産業省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル, <http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calculatiran.pdf>
- 11) 電気事業者別のCO₂排出係数（平成22年度実績）,
http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calculatiran/h23_coefficient.pdf
- 12) 電気事業者別のCO₂排出係数（平成24年度実績）,
http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calculatiran/list_ef_eps.pdf
- 13) 電気事業者別のCO₂排出係数（平成25年度実績）,
http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calculatiran/h26_coefficient.pdf
- 14) 恵庭市担当者へのヒアリング
- 15) 電気事業者別のCO₂排出係数（平成23年度実績）,
http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calculatiran/h24_coefficient.pdf

(2014.7.11 受付)

ESTIMATION OF THE EFFECTIVE OF INTRODUCING CO-FERMENTATION SYSTEMS FOR KITCHEN WASTE, SEWAGE SLUDGE AND NIGHT SOIL SLUDGE ON COSTS AND CARBON DIOXIDE EMISSIONS

Atsushi FUJIYAMA, Toru FURUICHI, Kazuei ISHII, Yu-Chi WENG and Kento DOHI

There are 280 anaerobic fermentation plants for the treatment of sludge in sewage plants in Japan, but only five plants use anaerobic co-fermentation of sewage sludge and kitchen waste. In this study, we evaluated the effectiveness of co-fermentation systems for sewage sludge and kitchen waste in the Japanese cities of Kitahiroshima and Eniwa. Both sewage treatment plants established goals such as extending of the lifespan of landfill sites and reducing the environmental burden. The annual costs (yen/year) and CO₂ emissions (CO₂/year) were estimated before and after the introduction of the co-fermentation systems. This study found that the introduction of a co-fermentation system decreased CO₂ emissions at Kitahiroshima and Eniwa. The costs of commissioning exerted a large effect on the overall cost reductions. Finally, the reduction in CO₂ emissions from landfill sites that received kitchen waste contributed significantly to the overall reduction in CO₂ emissions.